



128

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 40 18 943 A 1**

⑤1 Int. Cl. 5:
F 01 B 9/02

②1 Aktenzeichen: P 40 18 943.0
②2 Anmeldetag: 13. 6. 90
④3 Offenlegungstag: 19. 12. 91

DE 40 18 943 A 1

⑦1 Anmelder:

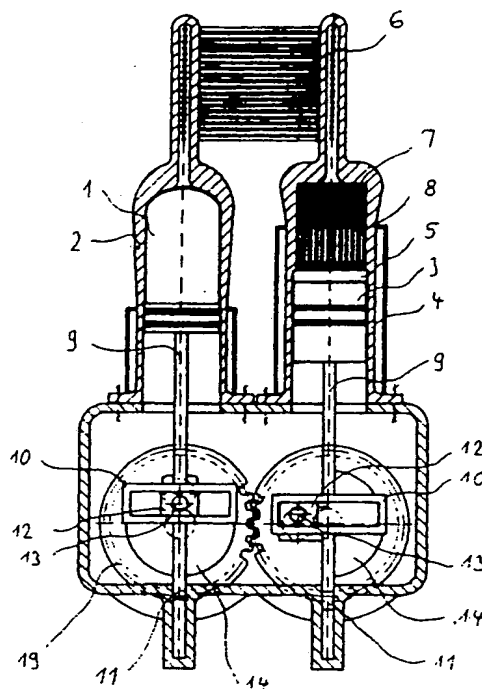
Krauch, Helmut, Prof. Dr.rer.nat., 6900 Heidelberg,
DE; Maurer, Thomas, Dipl.-Ing., 3501 Fulda, DE

⑦2 Erfinder:

gleich Anmelder

⑤4 Kolbenmaschine

⑤7 Bei einer Kolbenmaschine zur Verwirklichung regenerativer Kreisprozesse wird durch ein besonderes Triebwerk der Wirkungsgrad und die spezifische Leistung verbessert, indem der tatsächliche zeitliche Verlauf der Kolbenbewegungen dem idealen angenähert wird. Dieses Triebwerk kann zum Beispiel wie dargestellt als Kurbelschleifengeräte ausgeführt werden. Die Kurbelschleife 10 ist starr mit der Kolbenstange 9 und dieser gegenüberliegend und koaxial mit der Kolbenstange angeordnet mit der Linearführung 11 verbunden. In der Kurbelschleife 10 gleitet ein Gleitstein 12, in dem sich der Exzenter 13 mit der Exzentrizität E dreht. Dieser Exzenter 13 ist wiederum drehbar mit der Exzentrizität H in der Wange 14 der Kurbelwelle 15 gelagert. Mit dem Exzenter 13 ist das Zahnrad 16 axial starr verbunden, das mit einem gleich großen, starr mit dem Maschinengehäuse 17 verbundenen, koaxial mit der Kurbelwelle 15 angeordneten Zahnrad 18 kämmt.



DE 40 18 943 A 1

Die Erfindung betrifft eine Kolbenmaschine, insbesondere zur Verwirklichung regenerativer Kreisprozesse wie Stirling- oder Vuilleumier-Prozeß, die als Wärmekraftmaschine, als Wärmepumpe, als ein- oder mehrstufige Kältemaschine oder als eine, Mischformen aus Stirling- und Vuilleumier-Prozeß erlaubende, Maschine zur frei einstellbaren gleichzeitigen Bereitstellung von Wärme, Kälte und mechanischer Arbeit, ausgeführt sein kann. Solche Maschinen sind gekennzeichnet durch:

- Ein geschlossenes Arbeitssystem, ohne Arbeitsventile, in dem das den thermodynamischen Kreisprozeß durchlaufende Arbeitsmedium auf Dauer eingeschlossen ist.
- Das Vorhandensein von Wärmetauschern, durch die der Antriebswärmestrom dem Arbeitsmedium zugeführt und der Abwärmestrom dem Arbeitsmedium entzogen wird.
- Das Vorhandensein mindestens eines thermischen Regenerators der mindestens einmal während des Kreisprozesses Wärme aufnimmt, diese zwischenspeichert und dieselbe zu einem anderen Zeitpunkt wieder abgibt. Dadurch wird die Realisierung von reversiblen Kreisprozessen ermöglicht.

Nach dem Stand der Technik sind verschiedene Bauweisen bekannt, die o. g. Maschinen und ihre Triebwerke betreffen. Das sind zum Beispiel: Maschinen mit Reihen oder V-Anordnungen der Zylinder häufig mit Kreuzkopfgetriebe; Maschinen in Reihen oder Boxeranordnung mit Rhombengetrieben; Maschinen mit Taumel- oder Schrägscheibengetrieben und paralleler Anordnung der Zylinder auf einem Teilkreis.

Es wurden weiter verschiedene Anordnungen von Kurbelschleifen, Parsons-Getrieben sowie vielfältige Dreh- und Kreiskolben-Bauarten vorgeschlagen.

Eine Sonderstellung nehmen die sogenannten Freikolbenmaschinen ein. Bei ihnen wird die Bewegung mindestens eines Kolbens dadurch bewirkt, daß dieser unter dem Einfluß der Gaskräfte und geeignet gewählter Federn sowie seiner Massenträgheit erzwungene Schwingungen ausführt deren Weg-Zeit-Verhalten für die Realisierung des erwünschten thermodynamischen Kreisprozesses geeignet ist.

Daneben ist eine magnetische Kopplung zwischen in einem hermetisch dichten Gehäuse oder Zylinder angeordneten Kolben und einem außerhalb dieses Gehäuses angebrachten Getriebe vorgeschlagen worden. Diese Kopplung ist nicht als starr anzusehen, sondern läßt einen gewissen Schlupf zu, dessen Ausmaß sich kontinuierlich ändert und dessen Vorzeichen in den Totpunkten wechselt.

All diesen Maschinen ist das Problem gemeinsam, daß der zeitliche Verlauf der Kolbenbewegungen nur mit gewissen Einschränkungen zur Verwirklichung der angestrebten regenerativen reversiblen Kreisprozesse geeignet ist. Vielmehr werden die Kolbenbewegungen von den mechanischen Eigenheiten der verwendeten Getriebe bestimmt und weichen mehr oder minder von einem angestrebten Idealverlauf ab.

Demzufolge befindet sich z. B. bei einem Stirling-Prozeß auch während der Verdichtungsphase eine Menge des Arbeitsmediums im heißen Arbeitsraum und während der Expansionsphase im kalten Arbeitsraum. Das Ziel, das Arbeitsmedium bei niedriger Temperatur zu komprimieren, und es bei hoher Temperatur zu expan-

dieren, um einen maximalen Arbeitsgewinn zu erzielen, kann also nicht erreicht werden. Wärmezuge- und Wärmeabfuhr erfolgen nicht zu den für die Verwirklichung des Kreisprozesses günstigsten Zeiten, und durch die dadurch bedingte Irreversibilität sind die spezifische Leistung und der Wirkungsgrad niedriger als theoretisch möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Getriebe anzugeben, das es ermöglicht den zeitlichen Verlauf der Kolbenbewegungen dem Idealverlauf, der sich z. B. aus dem idealen Stirling-Prozeß in Form von diskontinuierlichen Kolbenbewegungen ergibt, anzunähern. Der Wirkungsgrad und die spezifische Leistung der o. g. Maschinen können so verbessert werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 1 und 2, am Beispiel einer Wärmekraftmaschine nach dem Stirling-Prozeß (Stirlingmotor) ausgeführt. Der Stirlingmotor ist in A-Bauweise ausgeführt, d. h. der heiße und der kalte Arbeitsraum wird von je einem Kolben in separaten Zylindern, die durch die Wärmetauscher Erhitzer 6, Regenerator 7 und Kühler 8 verbunden sind, gebildet.

In Fig. 1 ist mit 1 der Expansionskolben bezeichnet, der sich in dem Expansionszylinder 2 bewegt. Entsprechend bewegt sich der Kompressionskolben 3 in dem Kompressionszylinder 4. Der Arbeitsraum 5, in dem eingeschlossen sich das gasförmige Arbeitsmedium befindet, besteht aus den von beiden Kolben gebildeten Räumen in den Zylindern und den Wärmetauschern Erhitzer 6, Regenerator 7 und Kühler 8. Die Verbindung zwischen den Kolben und den dem Anspruch 2 entsprechenden Getrieben wird vorteilhaft durch die Kolbenstangen 9 geschaffen.

Fig. 2 zeigt beispielhaft das als Kurbelschleifengetriebe ausgeführte Getriebe. Die Kurbelschleife 10 ist starr mit der Kolbenstange 9 und dieser gegenüberliegend und coaxial mit der Kolbenstange angeordnet mit der Linearführung 11 verbunden. In der Kurbelschleife 10 gleitet ein Gleitstein 12, in dem sich der Exzenter 13 mit der Exzentrizität E dreht. Dieser Exzenter 13 ist wiederum drehbar mit der Exzentrizität H in der Wange 14 der Kurbelwelle 15 gelagert. Mit dem Exzenter 13 ist das Zahnrad 16 axial starr verbunden, das mit einem gleichgroßen, starr mit dem Maschinengehäuse 17 verbundenen, coaxial mit der Kurbelwelle 15 angeordneten Zahnrad 18 kämmt. Dadurch bewegt sich der Exzenter auf der in Fig. 2 fett gezeichneten annähernd herzförmigen Bahn.

Fig. 3 zeigt die Abwicklung dieser Bahn (gestrichelt) im Vergleich mit dem für die Verwirklichung des Stirling-Prozesses idealen Hubfunktion mit diskontinuierlicher Kolbenbewegung (durchgezogen) und einer herkömmlichen Hubfunktion (gepunktet), wie sie in Kurbel- oder Taumelscheibengetrieben verwirklicht ist.

Das Verhältnis der Exzentrizitäten E/H liegt zwischen 0,1 und 1 und muß für den Einsatzzweck der Maschine angepaßt und optimiert werden. Ebenso muß bei der dargestellten beispielhaften Verwirklichung eines Stirlingmotors der Versatz der beiden gekoppelten Kurbelgetriebe festgelegt werden. Dieser Versatz entspricht im Falle der A-Bauweise der Phasenverschiebung zwischen den zeitlichen Volumenänderungen im Expansionsraum und im Kompressionsraum.

Im dargestellten Beispiel kann der Versatz zwischen den oberen Totpunkten der beiden Kolben zwischen 50° und 160° Kurbelwinkel liegen.

Im Gegensatz zu den nach dem Stand der Technik üblichen Getriebebauarten wird durch eine Verände-

rung des Kurbelversatzes (in diesem Fall identisch mit der Phasenverschiebung) das geometrische Verdichtungsverhältnis nicht verändert. Bisher mußte oft ein Kompromiß zwischen der für den Wirkungsgrad optimalen Phasenverschiebung und dem, in Hinblick auf die Leistungsdichte erwünschten hohen Verdichtungsverhältnis gemacht werden.

Die Verbindung zwischen dem Kurbelzapfen des Exzentrers und dem Kolben kann, bei Verwendung eines ausreichend langen Pleuels (Kurbelverhältnis $\lambda < 0,25$), auch durch Pleuelstange und z. B. Kreuzkopf und Kolbenstange oder auch direkt durch die Pleuelstange erfolgen.

Die im dargestellten Beispiel erforderliche Kopplung von zwei erfindungsgemäßen Kurbelgetrieben kann selbstverständlich durch starre axiale Kopplung der beiden Kurbelwellen, durch Zahnrad-, Ketten- oder Riemengetriebe erfolgen. Bei der Wahl des Kurbelversatzes muß dabei die relative Drehrichtung der beiden Kurbelwellen berücksichtigt werden.

Die vorgeschlagenen Maschinen sind selbstverständlich einem Massenausgleich im Rahmen des bei Kolbenmaschinen üblichen zugänglich.

Patentansprüche

25

1. Kolbenmaschine, insbesondere Stirling-Maschine, die als Wärmekraftmaschine, Wärmepumpe oder Kältemaschine arbeiten kann oder nach dem Vuilleumier-Prozeß arbeitende Wärmepumpe oder Maschine zur gleichzeitigen Bereitstellung von Wärme- und/oder Kälteleistung und mechanischer Leistung z. B. an einer Welle, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein für die Verwirklichung regenerativer Wärmemaschinenprozesse optimaler zeitlicher Zusammenhang zwischen der Bewegung mindestens eines Kolbens und der Drehung z. B. einer Kurbelwelle durch ein umlaufendes Exzentergetriebe erzeugt wird.

2. Kolbenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegung eines Kolbens (1, 3) jeweils von einer Welle (15) und einem darin exzentrisch mit der Exzentrizität H gelagerten Exzenter (13) mit der Exzentrizität E, der mit einem Zahnrad (16) starr verbunden ist, das mit einem gleich großen, starr mit dem Maschinengehäuse (17) verbundenen Tahnrad (18) kämmt, und der drehbar in dem Gleitstein (12) gelagert ist, der seinerseits in der mit der Kolbenstange fest verbundenen Kurbelschleife (10) gleitet, bestimmt wird, was zu einer annähernd herzförmigen Umlaufbahn des Exzentrers führt, wodurch die Verwirklichung von regenerativen Wärmeprozessen optimiert wird.

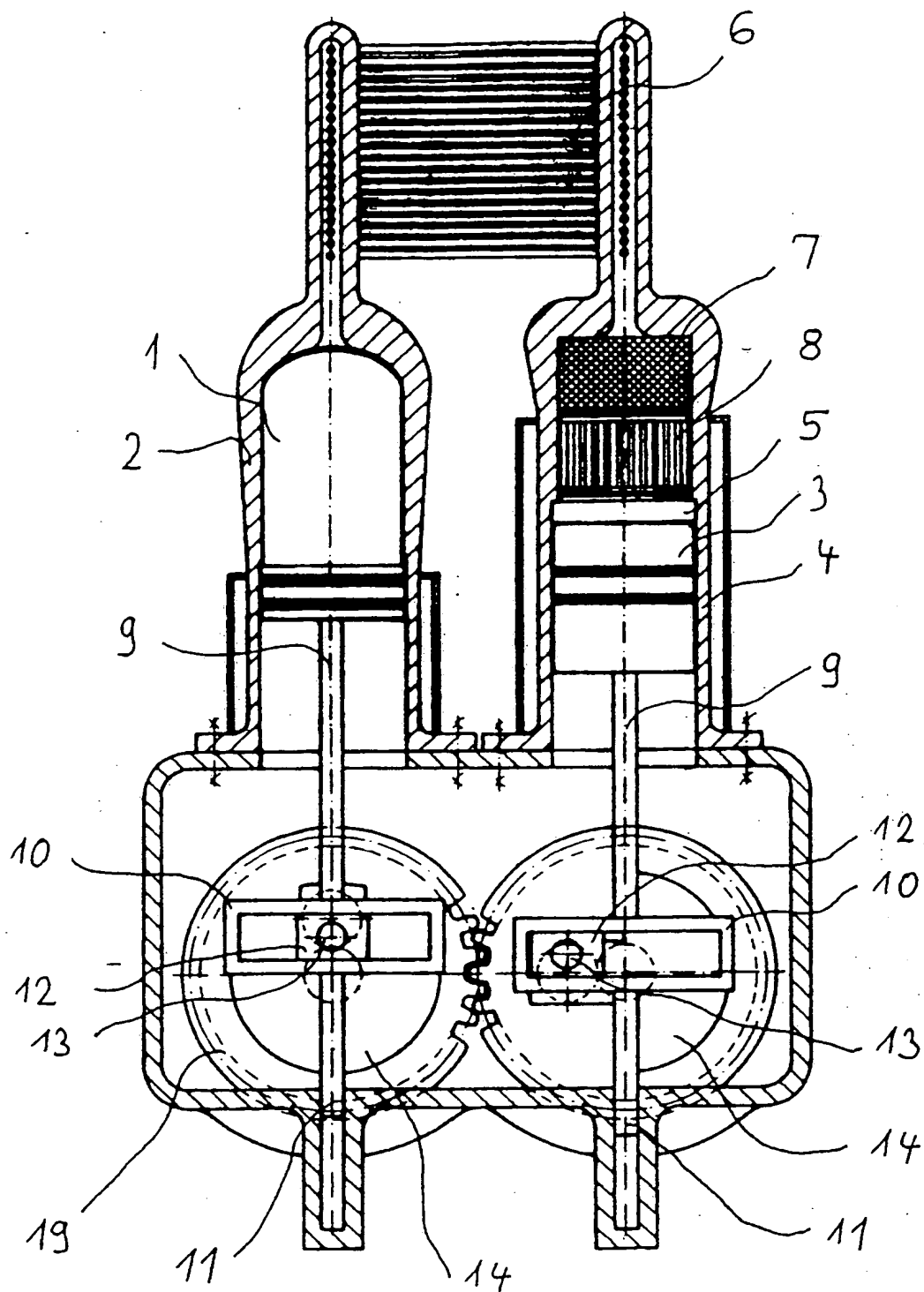
3. Kolbenmaschine nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß die kinematische Verbindung zwischen Hubzapfen und Kolben nicht durch eine Kurbelschleife, sondern durch eine Pleuelstange oder durch Pleuelstange, Kreuzkopf und Kolbenstange hergestellt wird. Die erfindungsgemäßen Vorteile hinsichtlich des zeitlichen Ablaufes der Kolbenbewegung bedingen hierbei die Verwendung einer ausreichend langen Pleuelstange (Kurbelverhältnis $\lambda < 0,25$).

4. Kolbenmaschine nach Anspruch 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Wellen, die die Bewegungen von zwei Kolben bestimmen, durch ein Zahnradgetriebe (19) oder geeignete Kettengetrie-

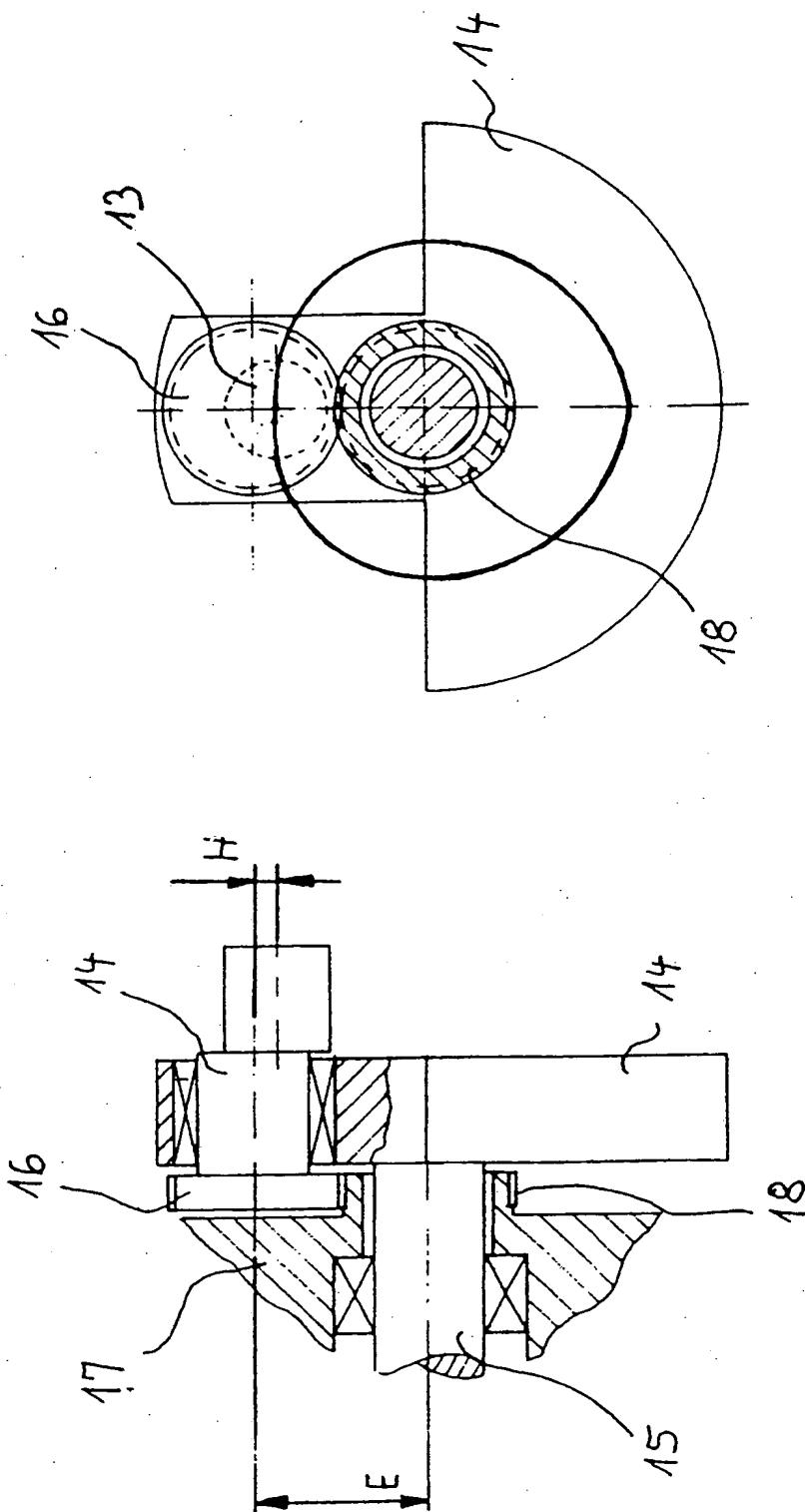
be oder Riemengetriebe oder starr gekoppelt sind, wobei ein Phasenversatz von 50° bis 160° Kurbelwinkel zwischen den Hubverläufen der Kolben vorgesehen werden kann.

5. Kolbenmaschine nach Anspruch 1, 2, 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgleich der von den bewegten Teilen hervorgerufenen Kräfte und Momente in an sich bekannter Weise durch Gegengewichte an den rotierenden Maschinenteilen und/oder durch zusätzliche geeignet angebrachte und angetriebene Ausgleichswellen erfolgt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

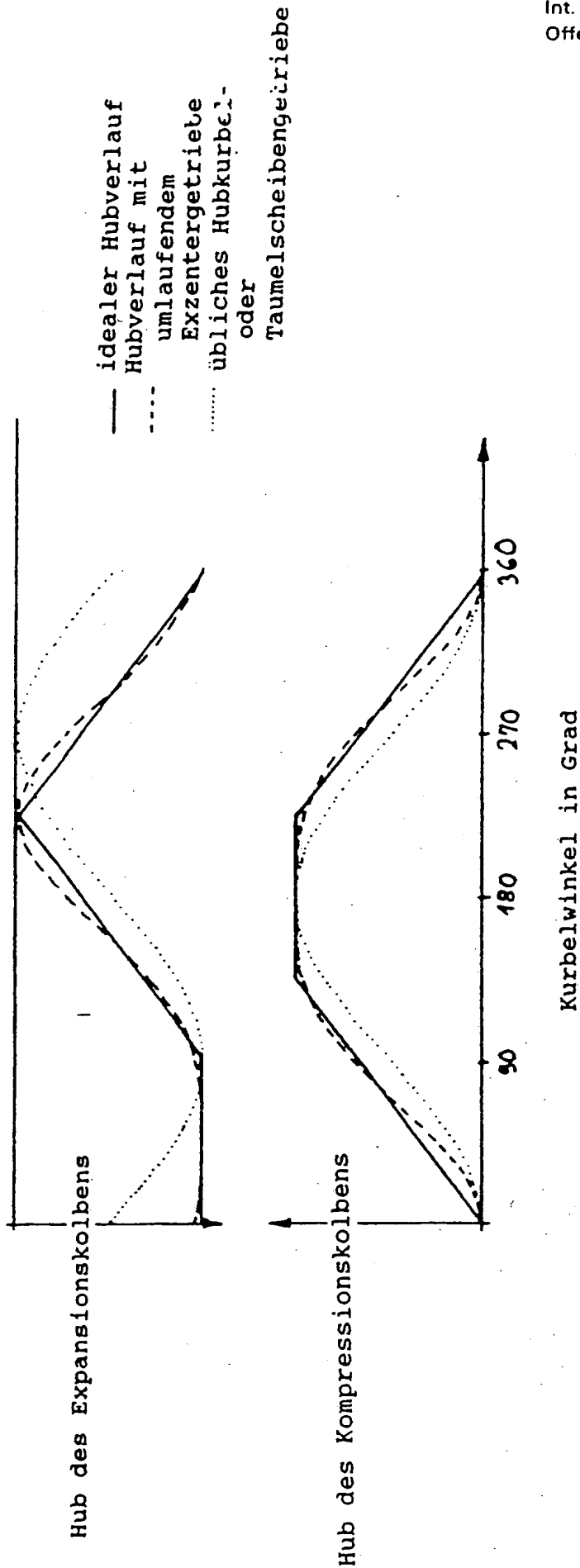


Figur 1



Bewegungsbahn des Exzenters

Figur 2



Figur 3